



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## **SPOJOVÁNÍ MĚDĚNÝCH TRUBEK**

TITLE

### **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

#### **AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**LUKÁŠ GRMOLEC**

#### **VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR  
BRNO 2011

**ING. JAROSLAV KUBÍČEK**

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Lukáš Grmolec

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Spojování měděných trubek**

v anglickém jazyce:

### **Joint of copper tubing**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Technické a ekonomické porovnání pájených a lisovaných spojů měděných trubek rozvodů plynu a vody ve stavebních objektech.

Cíle bakalářské práce:

Navrhnout pájené a lisované spoje měděných trubek pro zvolenou aplikaci. Vypracovat BPS. Zkouškami ověřit těstnostní a pevnostní charakteristiky spojů. Porovnat cenové relace spojů.

Seznam odborné literatury:

1. DVOŘÁK, M. a kol. Technologie II, 2vyd. CERM Brno, 7/2004, 237s. ISBN 80-214-2683-7
2. PILOUS, V. Materiály a jejich chování při svařování, 1vyd. ŠKODA-WELDING, Plzeň, 2009
3. BARTÁK, J. Výroba a aplikované inženýrství, 1vyd. ŠKODA-WELDING, Plzeň, 2009
4. KOLEKTIV AUTORŮ. Materiály a jejich svařitelnost, 1vyd. Zeross, Ostrava 2001, 292s. ISBN 80-85771-85-3
5. KOLEKTIV AUTORŮ. Technologie svařování a zařízení, 1vyd. Zeross, Ostrava 2001, 395s. ISBN 80-85771-81-0
6. KOLEKTIV AUTORŮ. Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení, 1vyd. Zeross, Ostrava 1999, 249s. ISBN 80-85771-70-5
7. KOLEKTIV AUTORŮ. Výroba a aplikované inženýrství ve svařování, 1vyd. Zeross, Ostrava 2000, 214s. ISBN 80-85771-72-1

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kubíček

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 17.11.2010

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „Spojování měděných trubek“ jsem vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury na konci bakalářské práce.

V Brně 25. května 2011

.....  
podpis autora

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

GRMOLEC, L. *Spojování měděných trubek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 39 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaroslav Kubíček.

**Abstrakt:**

Cílem práce bylo popsat a v praxi vyzkoušet spojování měděných trubek. V teoretické části jsou zmíněny i další materiály používané v rozvodech. V praktické části jsou podrobně posuzovány dvě metody spojování měděných trubek: pájení naměkko a lisování. Obě tyto metody byly prakticky vyzkoušeny při montážích. Práce se rovněž detailně zabývá pracovním postupem při provádění obou typů spojování.

Oba typy spojů jsou rovněž posuzovány a vzájemně porovnávány z hlediska ceny, času a náročnosti přípravy.

**Abstract:**

The aim of this work was description and practice testing of copper pipes joining. The theoretical part refers to other materials used in pipelines. Both methods for joining copper pipes, soldering and pressing, are detailed in the practical part. Both of these methods were tested during assembly. The work also examines in detail the workflow for implementing of both types of joining.

Both types of connections are also examined and compared with each other in terms of price, time and intensity of preparing.

**Klíčová slova:**

měděné trubky, pájecí a lisovací tvarovky, spojování trubek,

**Keywords:**

copper pipes, solder and compression fittings, join of pipes,

**PODĚKOVÁNÍ:**

Děkuji tímto vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jaroslavu Kubíčkovi a pracovníkovi firmy Termo komfort Ing. Richardovi Jetelinovi, který mi pomohl s podklady pro tuto bakalářskou práci.

## **OBSAH:**

<b>1. ÚVOD</b>	<b>8</b>
<b>2. MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO ROZVODY VODY</b>	<b>9</b>
2.1. Ocel .....	9
2.2. Plast.....	9
2.3. Měď.....	10
2.3.1. Historie používání mědi: .....	11
2.3.2. Výroba měděných trubek .....	11
2.3.3. Měděné trubky a tvarovky .....	11
2.3.4. Značení měděných trub .....	13
2.3.5. Zásady montáže měděných trubek .....	14
2.3.6. Výhody mědi oproti jiným používaným materiálům .....	16
2.3.7. Antibakteriální vlastnosti mědi .....	17
<b>3. SPOJOVÁNÍ MĚDĚNÝCH TRUBEK</b>	<b>18</b>
3.1. Pájení .....	18
3.1.1. Pájení naměkko .....	18
3.1.2. Pájení natvrdo.....	19
3.2. Lisování .....	20
3.3. Svařování.....	20
3.4. Zástrčné spojení.....	21
3.5. Svěrné spojení .....	21
3.6. Závitové spojení.....	22
<b>4. PRAKTICKÁ ČÁST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b>	<b>24</b>
4.1. Pájení naměkko .....	24
4.2. Lisování .....	27
<b>5. CENOVÉ POROVNÁNÍ</b>	<b>31</b>
<b>6. ČASOVÁ NÁROČNOST SPOJE</b>	<b>33</b>
<b>7. ZÁVĚR</b>	<b>35</b>
<b>8. Přílohy</b>	<b>39</b>



## 1. ÚVOD

Nejen při stavbě nového domu, bytu či technické budovy, ale i při jejich rekonstrukcích musí majitel řešit rozvody vytápění, užitkové vody, plynu, ....Tyto práce majitel většinou zadává montážní firmě, která musí pro prováděné práce zvolit vhodný materiál. Jelikož materiálů, které se mohou používat pro montáže těchto rozvodů po roce 1989 mnohonásobně přibýlo, je těžké zvolit ten nejvhodnější materiál. Před rokem 1989 se na trhu vyskytovalo jen několik málo materiálů a proto byla volba mnohem jednodušší. Tyto materiály se již dnes většinou ani nepoužívají zejména pro jejich zdravotní závadnost (viz olověné trubky) nebo kvůli jiným vlastnostem. Jedním z materiálů, který je v dnešní době na trhu velmi vyhledávaný, je měď. Měděné trubky se nevyužívají pouze pro rozvody topné či užitkové vody, ale i pro rozvody plynu, topného oleje, atd. Je to i díky tomu, že se na trhu začaly vyskytovat nové technologie spojování měděných trubek. V mnoha případech tyto technologie střídají i klasické pájení, na které jsme byli doposud zvyklí. Při instalaci je třeba zvolit vhodnou metodu spojování za použití vhodných tvarovek. V teoretické části mé bakalářské práce je uvedeno několik spojů, kterými je možno spojovat měděné trubky. Do následující praktické části jsem vybral mnou nejčastěji používané spoje měděných trubek a provedl jsem jejich cenovou kalkulaci na realizované zakázce.

## **2. MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO ROZVODY VODY**

### **2.1. Ocel**

Z oceli vyráběné trubky byly v 90 letech hojně používaný materiál pro rozvody vody i plynu v domech. Ocelové trubky se svařovaly kyslíko-acetylenovým hořákem. Při dimenzování vodovodních trubek se počítalo s tím, že trubky se časem zanesou usazeninami a proto průměry trubek byly předimenzované. V dnešní době je již ocel minimálně používaným materiálem pro rozvody.

Nevýhody ocelových trubek:

- Největším rizikem u ocelových trubek je jejich vnitřní koroze, která hrozí u rozvodů užitkové vody. Kyslík obsažený ve vodě se ve vodorovných rozvodech zachycuje v horní části trubek v usazeninách a tím začíná v trubce probíhat koroze. U stupaček toto nebezpečí nehrozí.
- Při vedení potrubí ve vlhkých prostorách nebo při nedostatečné ochraně trubky vzniká na vnější straně trubky koroze. Potrubí je proto potřeba chránit vhodným základním nátěrem.
- Vnitřní drsnost trubek je 0,2 mm. Takto vysoká drsnost způsobuje, že tlakové ztráty způsobené třením jsou mnohem vyšší než u ostatních materiálů. Proto je rychlost proudění vody nižší.
- Z důvodu větších průměrů trubky v rozvodech se zvyšuje i objem vody v topných soustavách. Proto je zapotřebí větších expanzních nádob.

### **2.2. Plast**

Plast je spolu s mědí velmi často používaným materiálem pro rozvody vody. Na trhu se vyskytuje několik druhů plastového potrubí, vždy s jinými vlastnostmi. Nevýhodou plastového potrubí je jeho stárnutí. Životnost plastových trubek je dána teplotou otopné soustavy. Největší nevýhodou plastů je jejich délková roztlačnost. Při instalaci se na ni nesmí zapomenout.

Druhy plastů:

- Síťovaný polyetylén (PEX<sub>a</sub>)
- Polybuten (polybutylen PB)
- Statický polypropylen (PP-R)
- Chlorované PVC
- Polyvinylidenfluorid PVDF
- Vrstvená potrubí s kovovou vložkou PEX-AL (vícevrstvý pex)

Síťovaný polyetylén (PEX):

Vzhledem ke své dobré ohebnosti je materiálem hodně používaným při montáži podlahového vytápění. Trubky se spojují mechanickými spojkami.

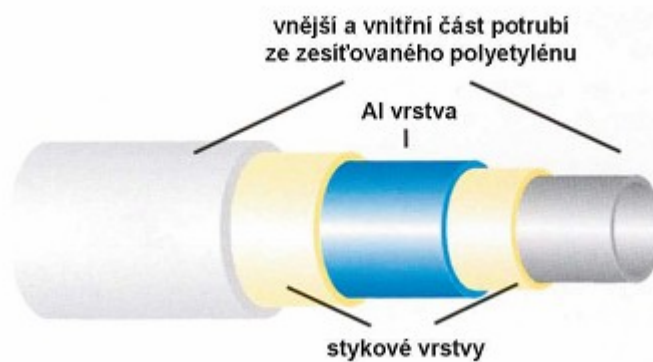
Statický polypropylen (PP-R):

Velmi často využívaný materiál u rozvodů užitkové vody a to díky své příznivé pořizovací ceně, jednoduché a rychlé montáži. Potrubí je vyráběno v různých tlakových

řadách, kdy při stejném vnějším průměru trubky se v závislosti na tlakových řadách mění tloušťka stěny. Čím větší provozní tlak, tím silnější tloušťka stěny. České vodárenské systémy jsou dimenzovány na tlak 10 barů, v tomto případě je potřeba zvolit minimálně tlakovou řadu PN10. Díky chybějící kyslíkové bariéře není tento materiál vhodný pro použití u rozvodů topení. Maximální provozní teplota těchto trubek je 90°C. Při instalaci je potřeba počítat s velkou tepelnou roztažností.

Vrstvená potrubí s kovovou vložkou PEX-AL:

Trubka se skládá z více vrstev viz obr. 2.1, kdy vnitřní a vnější vrstvu tvoří sítovaný polyetylen a prostřední vrstvu hliník. Spojení plastu je tvořeno adhezí vrstvou. Spojování se provádí lisováním. Trubka je dobře ohebná i menší ohyby u větších průměrů trubky se dají udělat rukou bez použití ohýbačky. Při montáži bych doporučoval montovat tuto trubku pouze pod omítku nebo do podlahy, protože při sebemenším ohnutí se ji již nepodaří srovnat do roviny.



Obr. 2.1 Vícevrstvý pex [1]

Vhodnost trubky pro instalace je široká:

- rozvody teplé a studené vody,
- rozvody topení,
- podlahové vytápění,
- rozvody plynu,
- rozvody stlačeného vzduchu

Vzhledem k tomu, že vícevrstvý pex má kyslíkovou bariéru, je jediným vhodným plastem pro montáž rozvodů topení. Kyslíková bariéra zamezuje prostupu kyslíku přes stěnu trubky. Kyslík po prostupu do topné vody způsobuje korozi v zásobníku topné vody, který na rozdíl od ohříváčů užitkové vody (bojler) nemá nijak upravený povrch např. smaltování. Ceny trubek i tvarovek jsou srovnatelné s cenami měděných trubek a lisovacích tvarovek.

## 2.3. Měď

Značka Cu (cuprum) je ušlechtilý kov načervenalé barvy, který se vyznačuje velmi dobrou elektrickou a tepelnou vodivostí. Vlastnosti mědi jsou uvedeny v tab. 2.1. Měď nepodléhá atmosférické korozi. Působením vzduchu a vzdušné vlhkosti vzniká na povrchu mědi malá vrstva měďenky ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$  uhličitán měďnatý). Ryzí měď se v přírodě nevyskytuje. Vyrábí rozkladem ze sulfidické mědi.

Tab. 2.1 Vlastnosti mědi [2]

Měrná hmotnost	8,93 kg/dm <sup>3</sup>
Teplota tavení	1083 °C
Teplota varu	2595 °C
Mez kluzu	120 N/mm <sup>2</sup>
Mez pevnosti	200-400 N/mm <sup>2</sup>
Tepelná vodivost	407,1 W/mK
Měrná tepelná kapacita	389 J/kgK
Součinitel tepelné roztažnosti	0,0166 mm/mK

### 2.3.1. Historie používání mědi:

Nejstarší dochovaný exemplář vodovodních rozvodů z mědi je z města Herkulaneu v jižní Itálii, které v roce 79 n.l. při výbuchu sopky Vesuv zavalily několika metrové nánosy sopečných vyvrženin. Na začátku 19. stol. se používaly měděné trubky silnostěnné a jejich spojování se provádělo stejně jak jsme zvyklí u ocelových trubek. Používáním novějších typů spojování se postupně tloušťka stěny zmenšovala. V roce 1952 byl u nás vydán zákaz používat měděné trubky pro všechny typy rozvodů. Důvodem byl nedostatek mědi v naší republice. Veškerá měď se používala na výrobu elektrických kabelů. Do roku 1989 se proto většina instalací vody, plynu i topení prováděla pomocí ocelových trubek. Měděné trubky se v instalacích významněji začaly používat až na začátku 90 let, ale pouze pro pitnou vodu a rozvody topení. Následně v roce 1997 byla přijata technická pravidla TD 700 01 – Použití měděných materiálů pro rozvod plynu. Měď se proto začala využívat i pro instalace plynu v domácnostech.

Díky své schopnosti recyklovatelnosti se z celkové poptávky na trhu po mědi získává až 40 % z recyklace mědi, při které nejsou žádné ztráty.

### 2.3.2. Výroba měděných trubek

Měděné trubky se vyrábí válcováním za tepla a následovně jsou v několika krocích tažené za studena na stolicích s plovoucím trnem.

### 2.3.3. Měděné trubky a tvarovky

Měděné trubky vyrobené dle normy ČSN EN 1057 obsahují 99,90 % mědi a 0,015 - 0,040 % fosforu. Tato norma platí pro bezešvé trubky průměru od 6 mm do 267 mm. Norma ČSN EN 1057 neurčuje pouze složení trubek, ale udává i jejich rozměr a požadovanou přesnost. Jmenovité rozměry trubek vyráběné dle této normy jsou uvedeny v tab. 2.2.

Tab. 2.2 Jmenovité vnější průměry a tloušťky podle ČSN EN 1057 [3]

jmenovité vnější průměr (mm)	jmenovitá tloušťka stěny											
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
6	X	R		R		R						
8	X	R		R		R						
10	X	R	R	R		R						
12	X	R	X	R		R						
14			X	X		X						
15	X		R	R		R		X	X			
16				X		X		X				
18		X		R		R		X	X			
22		X		X	R	R	X	R	R			
25						X		X	X			
28		X		X	R	R	X	R	R			
35			X	X		X	X	R	R			
40						X	X					
42				X		X		R	R	X		
54				X	X	X		R	R	R		
64									X	R	X	
66,7						X		R	X	X	X	
70										X	X	
76,1								X	R	R	X	
80						X				X		
88,9										R	X	X
108								X	R	X	R	X
133									R	X		R
159									X	R		R
219												R
267												R
R označuje evropské doporučené rozměry X označuje další evropské rozměry												

Trubky se využívají v těchto oblastech:

- rozvody teplé a studené užitkové vody
- rozvody vytápění
- podlahového vytápění
- rozvody zemního plynu
- rozvody vzduchu
- rozvody solárních kolektorů
- klimatizace
- chladírenství
- rozvody páry

Měděné trubky nesmí přenášet látky:

- acetylén
- chlór
- sirovodík
- fosgen
- oxid siřičitý
- amoniak

Měděné trubky se dodávají ve třech stupních tvrdostí:

- měkké
- polotvrdé
- tvrdé

Měkké trubky se označují R 220 a jejich pevnost se pohybuje v rozmezí 220 – 250 N/mm<sup>2</sup>. Dodávají se ve svitcích 25 a 50 m a v průměru trubky od 6 do 22 mm. Tyto se používají pro montáž podlahového vytápění díky možnosti lehkého ohýbání v ruce.

Polotvrdé trubky se označují R 250. Jejich pevnost se pohybuje v rozmezí 250 – 290 N/mm<sup>2</sup>. Dodávají se v pěti metrových tyčích.

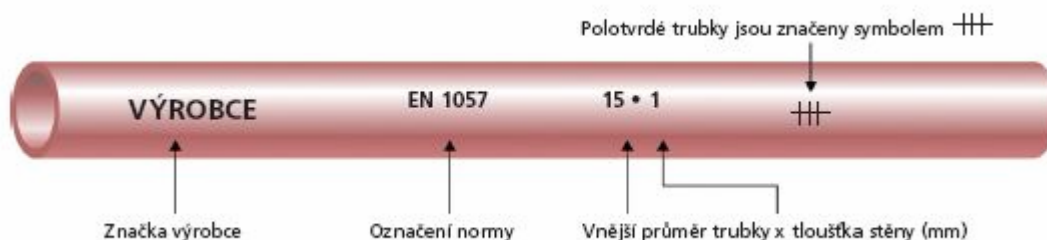
Tvrdé trubky mají označení R 290 s pevností nad 290 N/mm<sup>2</sup>. Dodávají se v pěti metrových tyčích.

#### 2.3.4. Značení měděných trub

Na obr. 2.2 je znázorněno značení měděných trubek. Toto označení je na trubkách uvedeno nesmazatelně. U trubek průměru 10 mm až 54 mm je značení každých 600 mm. Trubky průměru od 6 mm do 10 mm a průměru větším než 54 mm se označení vyskytuje pouze na obou koncích.

Na trubkách jsou uvedeny tyto údaje: viz obr.č.2.2

- Číslo normy ČSN EN 1057
- vnější průměr x tloušťka stěny
- označení výrobce
- datum výroby (rok a měsíc)
- u polotvrdých trubek značka  $\text{+++}$ ,



Obr. 2.2 Značení měděných trubek[4]

Spolu s výše uvedenými označeními se na trubkách může objevovat i značka kvality RAL, kterou vydává Německý Institut pro záruku jakosti a certifikace viz obr. 2.3. Německý institut ji vydává na základě každoročně prováděných zkoušek nezávislou zkušební laboratoří. Oproti ČSN EN 1057 takto označené trubky splňují vyšší požadavky týkající se čistoty vnitřních povrchů. Tyto trubky se používají pro rozvody pitné vody a vytápění.



Obr. 2.3 Značka jakosti RAL a zjednodušená značka jakosti[5]

U trubek určených pro plynové a vodovodní instalace se setkáváme i se značkou DVGW, kterou vydává Německé sdružení plynárenských a vodních oborů. Toto sdružení vydává technická pravidla pro plynové a vodovodní instalace. „Kontrolní značka DVGW se skládá z označení „DV xxxxxx“, kde „xxxxxx“ je identifikační číslo určitého výrobce.“ [6]

[<http://www.medportal.cz/trubky-v-tzb/vlastnosti-trubek>]

### 2.3.5. Zásady montáže měděných trubek

Uchycení měděných trubek se provádí dvěma způsoby a to pomocí ocelové příchytky s gumovou vložkou nebo plastovou příchytou. Ocelové příchytky je nutné montovat spolu s gumovou vložkou, která zde slouží jako zvuková i izolační vložka viz obr. 2.4. V případě montáže příchytky bez gumové vložky dochází k šíření zvukových vln do stropů nebo stěn a způsobují tak hluk. Tyto příchytky se používají pro uchycení trubek v místnostech, kde nezáleží tolik na vzhledu (kotelny, sklepní prostory, montážní šachty) nebo v místě, kde trubka bude skrytá (podhled, pod omítkou).



Obr. 2.4 Ocelová příchytka s gumovou vložkou

Plastové příchytky se používají v obytných místnostech, kde záleží na vzhledu. Na některé plastové příchytky je možno připevnit lištu, která bude ve stejném barevném provedení jako okolní místnost a tak vzhled místnosti nebude narušen. Trubka je v příchytce pouze nacvaknutá.

Doporučená vzdálenost jednotlivých příchetek od sebe je dána průměrem trubky. Vzdálenost je udána v tab. 2.3.

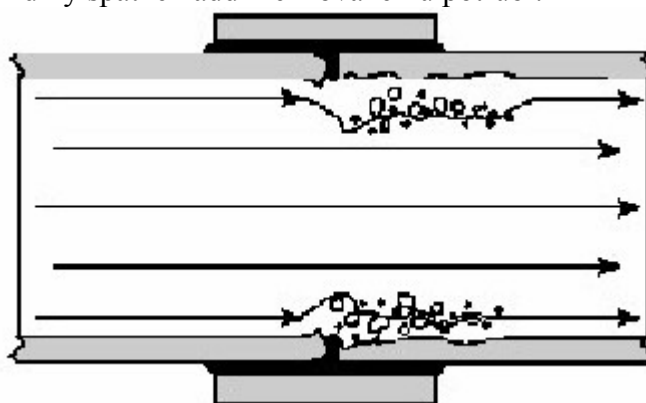
Tab. 2.3 Vzdálenost jednotlivých příchytů. [7]

vnější průměr (mm)	vzdálenost upevnění (m)
12,0	1,25
15,0	1,25
18,0	1,5
22,0	2,0
28,0	2,5
35,0	2,75
42,0	3,0

Při průchodu trubky stropem či stěnou je nutná izolace, která zabrání dotyku trubky se stavebním materiálem. V místě styku dochází k šíření hluku nebo tepelnému mostu u trubek, které vedou teplé medium. Při instalaci trubky do vysekané drážky ve zdi je nutné trubku izolovat. Trubky se mohou izolovat návlekovou izolací tubex, která se vyrábí přímo na průměr trubky s různou tloušťkou stěny, nebo je možnost zakoupit trubku izolovanou již výrobcem.

Rozvody z měděných trubek, které jsou vedené v podlaze, se instalují až na podlahu v okamžiku, kdy na ni je již položena hydroizolace. Trubky jsou pak vedeny v izolační vrstvě z polystyrenu nebo v mazanině.

Neodstraněné otřepy po řezání, zúžený průřez trubky po řezní rezačkou, zatečená pájka či tavidlo. To vše může vést ke kavitaci. „Kavitace: vzniká vlivem zvýšení rychlosti proudění kdy dojde k poklesu tlaku. Kavítace je zpočátku vyplněna vakuem, později do ní mohou pronikat plyny z okolní kapaliny. Když zmizí podtlak, který kavítaci vytvořil, její bublina kolabuje za vzniku rázové vlny s destruktivním účinkem na okolní materiál.“ [8] Ke kavitaci může dojít i v ohybech díky špatně naddimenzovanému potrubí.



Obr. 2.5: Kavítace [9]

Dalších chyb se můžeme dopustit při rekonstrukci potrubí s pitnou vodou. Zde je třeba, aby materiály potrubí byly použity po směru toku vody v následujícím pořadí: ocelové pozinkované trubky a následně měděné trubky. V případě opačného zapojení dochází k tomu, že kyslík obsažený v pitné vodě by uvolňoval ionty mědi, které pak u pozinkovaných a trubek způsobují bodovou korozi. U systémů pitné vody kde je cirkulační potrubí nelze dosáhnout pořadí materiálu. Proto je potřeba aby ohřívač pitné vody měl speciálně upravený povrch např. smaltováním. U některých ohřívačů se ohřívač chrání tzv. obětní anodou, která je vyrobena z méně ušlechtilějšího kovu než je ocel (např. hořčík). Tato anoda je pak zničena



místo ocelového zásobníku. Je nutné anodu kontrolovat a na konci její životnosti ji vyměnit. Při napojování mědi na jiný materiál se používá přechodových kovů: bronz a mosaz.

### 2.3.6. Výhody mědi oproti jiným používaným materiálům

Neprodyšnost:

Zejména u rozvodů topné vody by měla být zajištěna neprodyšnost trubek. V případě prodyšnosti trubky se do topné vody dostává kyslík a způsobuje korozi topného systému. Většinou korodují zásobníky topné vody, které nejsou smaltované nebo nemají jinak upravený povrch. Topná voda by měla být tzv. mrtvá voda kdy je zbavená veškerého kyslíku. U rozvodů užitkové vody není potřeba aby trubky byly neprodyšné. Neprodyšné trubky jsou např.: měděné nebo z vícevrstvého pexu.

Roztažnost:

Každá trubka se zahříváním roztahuje a zvětšuje svoji délku. V tab. 2.4 je uveden součinitel roztažnosti materiálů používaných pro instalaci rozvodů v rodinných domech. Roztažnost trubek není závislá na jejich průměrech, ale pouze na materiálu a jeho délce.

Tab. 2.4 Součinitel roztažnosti trubek [10]

Materiál trubek	Součinitel tepelné roztažnosti $\alpha$
PE	0,20
PVC	0,08
PEX	0,15
PP-R	0,15
Vícevrstvý s kovovou vrstvou	0,02
Měď	0,017
Korozivzdorná ocel	0,017
Pozinkovaná ocel	0,0116

Výpočet roztažnosti trubky

$$\Delta L = \Delta t \times \alpha \times L . \quad (2.1)$$

kdy:

$\Delta L$ .... prodloužení trubky [mm]

$L$  ..... délka trubky [m]

$\alpha$  ..... součinitel tepelné roztažnosti ( $\alpha = 0,017 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$ )

$\Delta t$  .... rozdíl teplot [ $^\circ\text{C}$ ; K]

Minimální odpor stěny:

Měď oproti ostatním materiálům má nejmenší tlakové ztráty způsobené odporem stěny.

### **2.3.7. Antibakteriální vlastnosti mědi**

Největší riziko výskytu bakterií v rozvodech je v potrubí, kde je stojatá voda nebo voda o teplotě 25-50 °C. V rozvodech vody se mohou vyskytovat bakterie např. Legionella pneumophila nebo E coli. Legionella pneumophila způsobuje legionářskou nemoc. Jedná se o onemocnění dýchacích cest. Tato bakterie je na stěnách trubky v biologickém povlaku. E coli je bakterie, která se do rozvodů může dostat kontaminací vody splašky. Tato bakterie způsobuje těžké průjmy. Holandská firma Kiwa v roce 2003 zveřejnila výsledky testů, ve kterých posuzovala potrubí z mědi, nerezové oceli a sítovaného polyetylenu (PEX) kvůli výskytu bakterie Legionella ve vodě. V měděném potrubí byla ve výsledku 10x menší koncentrace než u ostatních materiálů.

### **3. SPOJOVÁNÍ MĚDĚNÝCH TRUBEK**

Rozdělení spojů:

- Spoje nerozebíratelné
- Spoje rozebíratelné

Spoje nerozebíratelné:

- Pájení naměkko
- Pájení natvrdo
- Lisování
- Svařování
- Zástrčné

Spoje rozebíratelné:

- Trubkové spoje
- Svěrné spojení

#### **3.1. Pájení**

Jedná se o nerozebíratelný spoj. Pájením se spojují materiály stejného nebo rozdílného chemického složení. Tyto materiály jsou spojeny pájkou, která má nižší teplotu tavení než spojovaný materiál. Při pájení trubek dochází vlivem kapilárních sil vtečení pájky do mezery mezi trubkou a tvarovkou.

Podle pájecích teplot dělíme pájení na:

- Pájení naměkko
- Pájení natvrdo

Tvarovky pro kapilární pájení naměkko a natvrdo jsou normalizovány v normě ČSN EN 1254-1. Každá tvarovka stejně jako trubka musí mít své nesmazatelné označení, kde je uvedeno viz obr. 3.1:

- rozměr
- značka výrobce
- značka kvality RAL

Při kapilárním pájení naměkko i natvrdo musí být mezera mezi tvarovkou a trubkou stejnoměrná a úzká, tak aby pájka pronikla do kapilární mezery i přes gravitační sílu. Správnou mezeru mezi trubkou a tvarovkou nám zajistí jejich normy ČSN EN 1057 a ČSN EN 1254-1, kde jsou pevně dané tolerance. Při spojování mědi se používají měděné tvarovky, ale pro spojení mědi s jiným kovem - ocel, plast se používá tvarovka z přechodového kovu – mosaz, červený bronz. V normě ČSN EN1254-1 jsou také uvedeny tvarovky používané pouze pro pájení natvrdo. Tyto tvarovky nelze použít pro pájení naměkko z důvodu malé hloubky zasunutí trubky do tvarovky.

##### **3.1.1. Pájení naměkko**

Tato metoda je popsána v praktické části se ji věnuji podrobněji. Viz kapitola: 4.1.Pájení naměkko

### 3.1.2. Pájení natvrdo

Teplotní rozmezí pájeného materiálu je 630 – 890 °C. Ohřev provádíme kyslíko-acetylénovým hořákem nebo kyslíko-propanovým hořákem. Princip i pracovní postup pájení natvrdo je podobný jako u pájení naměkko. Pro pájení se nejčastěji používá pět druhů pájek uvedené v tab. č. . Pájení natvrdo se může používat ke spojování v těchto rozvodech:

- Rozvody pitné vody (průměr trubky nad 28 mm)
- Rozvody vytápění
- Podlahového topení
- Rozvody zemního plynu a LPG
- Rozvody topného oleje
- Potrubí kde přepravovaná látka má vyšší teplotu než 110 °C
- Systém podlahového vytápění
- Solární systémy
- Chladicí zařízení

Oproti pájení na měkko je rozsah možností dopravovaného media mnohem větší. Pro pájení natvrdo se používají nejen stejné tvarovky jako v případě pájení naměkko, ale k dostání jsou i tvarovky přímo určené k pájení natvrdo a mohou se používat i řemeslně vyráběné hrdla a odbočky. Díky vysoké teplotě při pájení natvrdo není vhodné používat mosazné tvarovky ze kterých se při ohřevu uvolňuje zinek a způsobující pórovitost.

Výroba hrdla:

Hrdlo se používá ke spojení dvou trubek. Při výrobě hrdla je důležitá hloubka zasunutí, která se s průměrem trubky mění viz tab. 3.1. Konec trubky je potřeba před výrobou hrdla žíhat naměkko. U instalaci pitné vody je zakázáno žíhat trubky do průměru 28 mm včetně. K výrobě hrdla se používá expandér, který má vyměnitelné nástavce podle průměru trubky viz obr. 3.2 Vyráběná hrdla se nesmí používat u instalací, kde dopravované medium je zkapalněný plyn nebo topný olej.



Obr. 3.2 Expandér (nástroj na výrobu hrdel)

Tab. 3.1 Hloubka zasunutí v závislosti na průměru[12]

průměr trubky (mm)	hloubka zasunutí (mm)
12	10
15	12
18	14
22	17
28	20
35	25
42	29
54	34

Výroba odbočky:

Odbočku můžeme zhotovit dvěma způsoby podle použitého náradí:

- Seřizovatelným vrtákem, lemovákem
- Roztahovací kleště, lemovací trn, kladivo

Řemeslně vyrobenou odbočku můžeme použít místo tvarovky ve tvaru T-kus. Průměr vyrobené odbočky musí být minimálně o jednu dimenzi menší než je průměr průběžné trubky. Při přílišném zasunutí do průběžné trubky hrozí její zúžení průřezu. Řemeslně vyrobená hrdla či odbočky se nesmí používat při instalacích kde dopravované medium je zkapalněný plyn nebo topný olej.

Pracovní postup vyrábění odbočky:

V místě odbočky označíme střed otvoru důlčíkem. Seřizovatelným vrtákem vyvrtáme do trubky otvor a lemovákem vyrobíme lem. Před vsunutím trubky do vyrobené odbočky je potřeba na trubku vyznačit hloubku zasunutí pomocí omezovacích kleští. Minimální hodnota zasunutí je dána vztahem:

$$t = 3 \times s . \quad (3.1)$$

Kdy:

t... hloubka zasunutí (mm)

s...tloušťka trubky (mm)

Pracovní postup pájení natvrdo:

Po očištění trubky a tvarovky čistícím rounem a kartáčem s drátěnými štětinami nanese na trubku tavidlo. Na trubku nasuneme tvarovku až na doraz. Tvarovku nahříváme rovnoměrně hořákem. Pájku přiložíme k pájenému místu a vlivem plamene necháme odkapávat do míst kapilární mezery.

### 3.2. Lisování

Tato metoda je popsána v praktické části se jí věnuji podrobněji. Viz kapitola: 4.2.Lisování

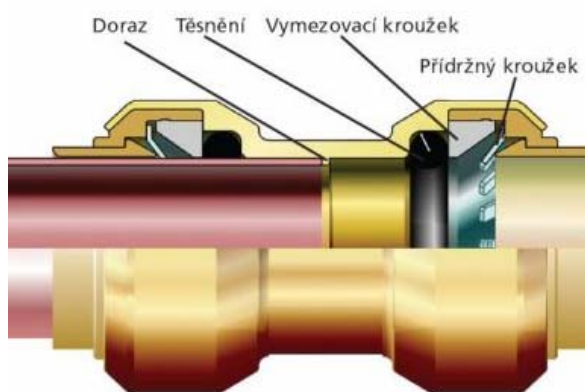
### 3.3. Svařování

Svařování se provádí u trubek jejichž tloušťka stěny je minimálně 1,5 mm. Většinou se svařování používá ke spojování trubek, pro které již nejsou k dispozici tvarovky ke

kapilárnímu pájení či lisování. Princip svařování je stejný jako u svařování ocele, ale díky velmi dobré vodivosti mědi je její svařování mnohem obtížnější. Svařování probíhá na tupo. Používají se dvě metody svařování a to kyslíko-acetylenovým plamenem a v ochranné atmosféře MIG (svařování kovovou elektrodou v netečném plynu) nebo WIG (svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu). Při svařování plynovodního potrubí je nutné aby tuto práci vykonával svářeč s příslušným svářečským oprávněním.

### 3.4. Zástrčné spojení

Jedná se o nerozebíratelné spojení, kdy trubka je vsazena do tvarovky. Materiál tvarovky je buď z mosazi nebo cínového bronzu. Očištěná a kalibrovaná trubka se zasune do tvarovky, kde projde přídržovacím a vymezovacím kroužkem až k těsnění, na které dosedne. Těsnění je vyrobeno z etylen-propylen-dienkaučuk tzv. EPDM. Zástrčné tvarovky umožňují spojovat trubky od průměru 12 mm do 54 mm. I když se jedná o nerozebíratelné spojení lze tento spoj pomocí stahovacího klíče rozpojit. V případě opětovné montáže je nutné vyměnit svěrací kroužek. Nevýhodou je vysoká cena zástrčných tvarovek.

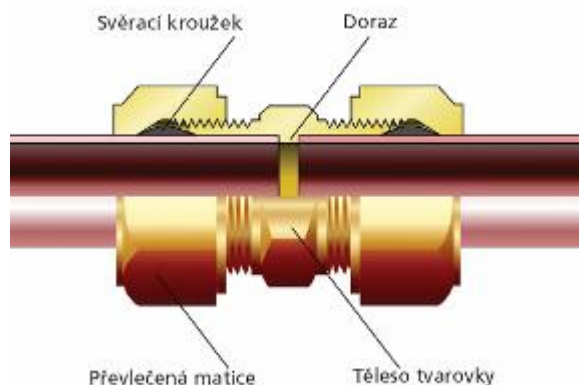


Obr. 3.3 Zástrčné spojení[13]

### 3.5. Svěrné spojení

Svěrné spojení je vyrobeno z mosazi zde není problém s přenosem tak teplého média. Při montáži svěrného spojení nasuneme převlečenou matici spolu se svěrným kroužkem na trubku. Trubka se pak nasune až na doraz na tělo tvarovky. Převlečenou matici nejdříve dotahuje rukou a dále kleštěmi sika nebo plochými klíči. Při dotahování se deformuje svěrný kroužek a vzniká tak kovově těsnící spojení.

S tímto spojem jsem se doposud setkal pouze jen u solárních kolektorů kde se jednotlivé kolektory mezi sebou spojují tímto spojením. Kolektory je možno spojovat pájením natvrdo, ale vzhledem vysokým teplotám při pájení hrozí riziko jejich znehodnocení. Při použití lisovaného spoje by zde vznikl nerozebíratelný spoj a v případě demontáže a opětovné montáže by nebylo kolektory už jak znovu spojit. Vývody z kolektoru totiž dosahují jen několika centimetrů.



Obr. 3.4 Svěrné spojení[14]

### 3.6. Závité spojení

Nejen u mědi, ale u všech materiálů se závitový spoj používá pro přechod na jiný materiál. Tvarovky sloužící pro přechod mědi na jiný materiál jsou vyrobeny z přechodového kovu – bronz, mosaz. Tyto tvarovky se vyrábějí pro pájený i pro lisovaný spoj. Závitové spojení se nesmí používat ke spojování trubek v podlaze. Mohou se zde použít např. lisované nebo pájené spoje. U závitového přechodu je důležité použít vhodnou těsnicí hmotu. Jako těsnicí hmoty se používá:

- Konopí
- Těsnicí tmely
- Teflonová páska

Konopí:

Nejstarší používaný těsnicí materiál při spojování pomocí závitových spojů. Používalo se již v době kdy všechny typy rozvodů se dělaly pouze z ocele. Konopí není vždy vhodným materiálem. Např. u přechodu z polypropylenu na závit může díky velké síle potřebné k utažení přechodky dojít k odtržení plastu od poniklované mosazi. Mosaz je zde pouze zastříknuta přímo do plastu. I u mosazných a bronzových přechodů pájených či lisovaných hrozí při nadměrném nanesení konopí na spoj prasknutí proti kusu s vnitřním závitem. A to díky tomu, že konopí při namočení vodou začíná bobtnat a roztahovat se. Vlivem této extrémní síly může mosazná tvarovka prasknout. Konopí se na tvarovku nanáší po oškrabání závitů plátkem pilky, které zamezí jeho pootočení. U některých závitových tvarovek je závit upraven proti pootočení konopí od výrobce. Konopí se na závit nanáší po směru závitu viz. obr. 3.6 proto, aby se při utahování samo dotahovalo. Před našroubováním tvarovky je dobré konopí namazat pastou locher. V případě, že nemáme pastu postačí i obyčejný olej. Tvarovku po dotažení je možné o  $\frac{1}{4}$  až  $\frac{1}{2}$  otočení povolit a spoj bude i nadále těsný.



Obr. 3.6 Nanášení konopí na závit

#### Těsnící tmely:

Jedná se o metakrylátové tmely, které se používají pro těsnění kovových a plastových spojů. Tmel se nanáší pouze na první dva až tři závity. Při dotahování spoje není zapotřebí nářadí či nějaké větší síly, ale postačí pouze dotáhnout rukou. Spoj se stává těsným cca po 10 minutách. Při použití některých tmelů se stává spoj už nerozebíratelným. Použití např. u zapojení bazénu k bazénovému výměníku kde napojení bazénu je z plastových trubek, které by při použití konopí prasklo.

#### Teflonová páska:

U teflonové pásky nehrozí žádné extrémní síly vlivem bobtnání. Příprava spoje je velmi jednoduchá. Nevýhodu oproti konopí je cena spotřebované pásky na jeden spoj. Při zpětném pootočení po dotažení tvarovky se stává spoj netěsný. V mnoha případech topenář či instalatér neodhadne potřebné množství teflonové pásky na závit a spoj se díky tomu stává netěsným.



## 4. PRAKTICKÁ ČÁST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## Úvod do praktické části:

V této části využívám zkušenosti, které jsem získal za dva roky ve firmě zabývající se montováním tepelných čerpadel a topných systémů. K instalaci topných rozvodů používáme dva druhy materiálů měděné trubky a nebo vícevrstvou trubku Raumulti press od firmy Rehau. U instalací kotlen zásadně používáme měděné trubky většinou průměru 28 mm. Průměr trubky je závislý na výkonu čerpadla. Do praktické části bakalářské práce jsem použil spojování trubek pájením naměkko a lisováním. Tyto spoje budu posuzovat z několika hledisek: ceny, času a náročnosti přípravy. Tyto metody spojování jsou zároveň v naší firmě nejčastěji používané při instalacích. Fotky použité v této práci jsou pořízeny na montážích realizovaných v měsíci květnu.

#### 4.1. Pájení naměkko

Princip pájení je popsán v kapitole 3.1 Pájení.

Spoje pájené naměkko:

- rozvody pitné vody
- rozvody topení s provozní teplotou do 110 °C

Spoje zakázané pájet naměkko:

- rozvody zemního plynu a LPG
- rozvody topného oleje
- potrubí kde přepravovaná látka má vyšší teplotu než 110 °C
- systém podlahového vytápění
- solární systémy
- požární rozvody
- průměr trub větší než 50
- spoje vedené v podlaze

Pracovní teplota při pájení naměkko je v rozmezí od 220 do 250 °C. K ohřevu používáme propan-butanový hořák nebo elektricky odporový přístroj. Veškeré používané nářadí k pájení naměkko je zobrazeno na obr. č. 4.1



Obr.č. 4.1 Používané nářadí k pájení naměkko

Pájky pro pájení naměkko jsou uvedené v normě ČSN EN 9453 - Slitiny pro měkké pájení. Pro měkké pájení měděných trubek se používají převážně dvě pájky. Obě používané

pájky obsahují jako hlavní složku cín.viz tab. 4.1. Při pájení rozvodů pitné vody a topení je zakázáno používat pájku obsahující olovo.

Tab. 4.1: Složení používaných pájek[15]

Označení pájky	Měď[%]	Stříbro[%]	Cín[%]	Rozsah tavení[°C]
S-Sn97Cu3	2,5 až 3,5	-	zbytek	230 až 250
S-Sn97Ag3	-	3,0 až 3,5	zbytek	220 až 230

Na obalu pájky musí být uvedeno viz obr.4.2:

- značka výrobce
- ČSN EN 9453
- složení pájky



Obr. 4.2 Pájka a pasta pro pájení naměkko

Pasta slouží k lepšímu rozptýlení pájky. Obsah pasty se skládá ze 40 % z tavidla a ze zbývajících 60 % z pájky. Pájka obsažená v pastě nepostačí k vyplnění kapilární mezery, proto je potřeba používat pájku. Složení pájky obsažené v pastě musí odpovídat složení pájky.

Pracovní postup pájení na měkko:

Dělení trubky na požadovanou délku lze provést pilkou s jemným ozubením nebo kotoučovou řezačkou trubek. Po zkrácení trubky následuje odstranění vnitřních a vnějších otřepů pomocí odhrotovače nebo jemného pilníku. Před dalším krokem se měkké trubky musí zkalibrovat tak aby při zasunutím trubky do tvarovky byla mezi nimi správná mezera. K očištění konce trubky můžeme použít čistící rouno, ocelovou vatu nebo jemné smirkové plátno. Vnitřek tvarovky očištíme pomocí kartáče s drátěnými štětinami. Toto je velmi důležité udělat u starších tvarovek kde se na povrchu již objevila oxidace. V případě nedostatečného očištění bude spoj prolínat. Na očištěný konec trubky nanese štětcem pastu. Trubku až na doraz zasuneme do tvarovky. Přebytkovou pastu odstraníme. Při ohřívání nahříváme rovnoměrně rozptýleným plamenem vždy tvarovku a ne trubku. V okamžiku kdy se nanesená pasta začíná měnit barvu ve stříbrnou je nejvhodnější chvíle k přiložení pájky ke kapilární mezeře. Před tím je nutné odklonit od místa spoje hořák. Pájku nanášíme tak dlouho dokud po celém obvodu není vidět zaplněný žlábek cínem. Po dobu než spoj vychladne na teplotu okolí se nesmí se spojem nijak pohybovat mohlo by dojít k jeho porušení. Viz obr. 4.3(a-k)



a) naměření trubky



b) uříznutí trubky kotoučovou řezačkou



c) odhrotování vnitřní a vnější části trubky



d) očištění konce trubky čistícím rounem



e) očištění vnitřní části tvarovky kartáčem drátěnými štětinami



f) nanášení pájecí pasty na trubku



g) nasunutí trubky na doraz do tvarovky



h) očištění od zbytku pájecí pasty





i) ohřívání pájeného místa



j) nanášení pájky ke kapilární mezeře



k) chladnutí spoje

Obr. 4.3 Pracovní postup pájení naměkko (a-k)

Při pájení T kusu je vhodné dodržovat pájený postup od nejnižší položeného spoje po nejvyšší. Z důvodu zatékání pájky a hospodaření s teplem. Při pájení silnějších tvarovek např. šroubení si musíme dát pozor aby nedošlo k přehřátí trubky. V okamžiku kdy přehřejeme trubku nebo tvarovku se tavidlo přepálí a pájka nevniká plynule do kapilární mezery. Spoj je netěsný. Přehřátá trubka i tvarovka se zabarví do černé barvy.

## 4.2. Lisování

Lisované spojení: patří k nejnovějším způsobům spojování měděných trubek a tvarovek. Tvarovky pro lisování jsou uvedené v normě ČSN EN 1254-2 - Tvarovky s konci pro spoje měděných trubek sevřením.

Samotné lisování trvá jen několik málo vteřin. Během lisování dochází ke zformování tvarovky i trubky v místě těsnícího „o“ kroužku. Lisováním vznikne mechanicky odolný a nerozebíratelný spoj. Těsnící kroužky v tvarovkách jsou vyrobeny z různých materiálů. Materiál těsnících kroužků rozhoduje o tom na které přepravované medium bude jaká tvarovka použita. Viz tab. 4.2.

Tab. 4.2 Druhy těsnících kroužků a jejich použití[17]

materiál kroužku	barva kroužku	použití tvarovky	max.tlak	max.teplota
EPDM	černý	voda, vytápění	PN16	120°C
HNBR	žlutý	plyn	PN5	
MVQ	červený	solární rozvody	PN16	200°C
NBR	sříbrný	tlakový vzduch s olejem	PN16	

Na trhu s lisovacími tvarovkami se pohybuje mnoho firem a každá z těchto firem používá svůj vlastní systém lisování. Tvarovky se dají rozdělit dle počtu lisovaných rovin a dle tvaru lisovacího profilu.

Dle lisovacích rovin:

- lisování ve 2 rovinách viz obr. 4.5
- lisování ve 3 rovinách viz obr. 4.6

U lisování ve 3 rovinách může u méně pružných materiálů jako je bronz dojít ke vzniku trhlinek v okolí těsnicí komory. Lisování ve 2 rovinách se hlavně používá pro tvrdé materiály např. nerezová ocel.

Dle tvaru lisovacího profilu:

- 6hranný profil používají firmy Viega a Mannesmann viz. obr. 4.6
- 8hranný profil používá firma Sanha pro tvarovky do průměru 35 mm včetně viz obr. 4.5
- 9hranný profil používá firma Sanha pro tvarovky od průměru 45 mm včetně



Obr. 4.5 Lisovací tvarovka od firmy Sanha



Obr. 4.6 Lisovací tvarovka od firmy viega

Pracovní postup lisování je velmi jednoduchý a oproti pájeným spojům i mnohem rychlejší. Asi jedinou nevýhodou těchto spojů je pořizovací cena tvarovek a lisů. Lisování je vhodnou metodou spojování do prostředí, které je náchylné na vznícení. Tato metoda neklade vysoké nároky na pracovníka. Lisování může provádět osoba, která má pouze osvědčení podle TPG 700 07.

Lisy se vyrábějí s elektrickým nebo ručním pohonem. Elektrické lisy jsou k dostání buď s pohonem na 230 V nebo (kompaktnější provedení) s nabíjecím akumulátorem. Firma Rems

dodává lisy s vyměnitelnými čelistmi pro všechny používané lisovací systémy. Naše firma využívá k lisování tvarovek akumulátorový lis Mini Press od firmy Rems viz obr.4.7. Tento lis může lisovat tvarovky do průměru 40 mm. Díky jeho délce (34 cm) a otočné lisovací hlavici o 360° můžeme s tímto lisem lisovat spoje špatně přístupné.



Obr. 4.7 Lis Mini Press od firmy Rems

V kufru jsou kromě lisovacího zařízení i 4 vyměnitelné čelisti průměru 12-28 mm a náhradní akumulátor s nabíječkou. Lisované tvarovky se vyrábějí od průměru 12 mm až do průměru 108 mm. I některé akumulátorové lisovací zařízení je schopno lisovat tvarovky o průměru 108 mm. Ke spojování tvarovek o průměru větší než 108 mm se používá svařování.

Oblast využití lisovaných tvarovek:

- rozvody pitné vody (studená a teplá)
- rozvody topení
- rozvody plynu
- rozvody stlačeného vzduchu
- solární systémy

Pracovní postup lisování:

Trubku naměříme na potřebný rozměr viz obr. č. 4.8. Po oddělení požadované délky trubky kolečkovým řezákem viz obr. č. 4.9 nebo pilkou na železo je velmi důležité důkladné odhrotování vnitřní i vnější části trubky odhrotovačem viz obr. č. 4.10. Při špatném odhrotování vnitřní části trubky bude v tomto místě vznikat kavitace, která podstatně zkrátí životnost trubky. V případě špatného odhrotování vnější části trubky může nastat poškození těsnicího kroužku při zasunutí trubky do tvarovky a tím pak způsobena netěsnost spoje. Netěsnost spoje může být způsobena i nečistotou na těsnicím kroužku. Proto je důležité před lisováním zkontrolovat i čistotu a správné dosednutí těsnicího kroužku. Po odhrotování trubky je vhodné na ni nasunout tvarovku a nesmazatelným označovačem si zaznamenat maximální hloubku zasunutí trubky do tvarovky viz obr. č. 4.11. Z kufru, kde je veškeré potřebné nářadí k lisování si vytáhneme lisovací zařízení spolu s vyměnitelnou čelistí potřebného průměru. Čelist zasuneme do lisu a zajistíme čepem viz obr. č. 4.12. Jelikož používáme akumulátorově poháněný lis přesvědčíme se před lisováním o nabití jednotlivých baterií. Druhou baterii kterou zatím nebudeme používat umístíme do nabíječky. Spoj můžeme zalisovat viz obr. č. 4.13.



Obr.č.4.8: Naměření trubky



Obr.č.4.9: Dělení trubky kolečkovým řezákem



Obr.č.4.10: Odhroťování trubky



Obr. č. 4.11: Zaznačení hloubky zasunutí



Obr. č. 4.12: Nasunutí čelisti do lisu



Obr. č. 4.13: Lisování

## 5. CENOVÉ POROVNÁNÍ

Cenové porovnání tvarovek jsem provedl na realizované stavbě v letošním roce v měsíci dubnu. Spolu s realizací kotelny a dodání tepelného čerpadla se u investora dělal celý topný systém složený z rozvodů topení, podlahového vytápění a radiátorů. Při realizaci kotelny a rozvodů topení jsme používali měď s lisovacími měděnými tvarovkami. U podlahového vytápění bylo použito plastové trubky PEX a pro napojení radiátorů z rozdělovače podlahového vytápění byla použita vícevrstvá trubka AL-PEX. Radiátor v kotelně byl napojen přímo z rozvodu topení proto se pro jeho napojení použila měděná trubka.

V tabulce č.5.1 jsou uvedené použité lisované tvarovky jejich množství a cena. Kvůli srovnání cen jsou v tabulce č.5.2 lisované tvarovky zaměněné za pájecí. Naše firma nakupuje veškerý materiál u firmy Ptáček proto jsem v tabulkách č. 5.1 a 5.2 použil jejich maloobchodní ceny. Ceny jsou uvedené bez DPH.

Tab.č. 5.1 Lisované tvarovky a jejich cena

lisované tvarovky	ks	jednotková cena [kč/ks]	cena celkem [kč]
dvouhrdlé koleno 90° průměr 28 mm	6	193	1158
jednohrdlé koleno 90° průměr 28 mm	1	211	211
jednohrdlé koleno 45° průměr 28 mm	4	249	996
dvouhrdlé koleno 90° průměr 22 mm	2	92	184
jednohrdlé koleno 90° průměr 22 mm	1	94	94
dvouhrdlé koleno 45° průměr 22 mm	2	80	160
jednohrdlé koleno 45° průměr 22 mm	2	73	146
dvouhrdlé koleno 90° průměr 15 mm	7	56	392
T kus průměr 28 mm	1	267	267
T kus průměr 28 - 22 - 28 mm	2	303	606
T kus průměr 28 - 3/4" - 28 mm	2	607	1214
redukce průměr 22 - 15 mm	2	233	466
přechod průměr 28 mm na vnější závit 1"	10	209	2090
přechod průměr 28 mm na vnitřní závit 1"	2	227	454
přechod průměr 28 mm na vnější závit 3/4"	1	343	343
přechod průměr 22 mm na vnější závit 3/4"	3	112	336
přechod průměr 22 mm na vnější závit 1"	1	151	151
hrdlo průměr 28 mm	1	147	147
celkem			9415

Tab.č. 5.2 Pájené tvarovky a jejich cena

pájené tvarovky	ks	jednotková cena [kč/ks]	cena celkem [kč]
dvouhrdlé koleno 90° průměr 28 mm	6	43	258
jednohrdlé koleno 90° průměr 28 mm	1	94	94
jednohrdlé koleno 45° průměr 28 mm	4	66	264
dvouhrdlé koleno 90° průměr 22 mm	2	27	54
jednohrdlé koleno 90° průměr 22 mm	1	33	33
dvouhrdlé koleno 45° průměr 22 mm	2	34	68
jednohrdlé koleno 45° průměr 22 mm	2	34	68
dvouhrdlé koleno 90° průměr 15 mm	7	12	84
T kus průměr 28 mm	1	105	105



pájené tvarovky	ks	jednotková cena [kč/ks]	cena celkem [kč]
T kus průměr 28 - 22 - 28 mm	2	110	220
T kus průměr 28 - 3/4" - 28 mm	2	265	530
redukce průměr 22 - 15 mm	2	34	68
přechod průměr 28 mm na vnější závit 1"	10	61	610
přechod průměr 28 mm na vnitřní závit 1"	2	96	192
přechod průměr 28 mm na vnější závit 3/4"	1	100	100
přechod průměr 22 mm na vnější závit 3/4"	3	41	123
přechod průměr 22 mm na vnější závit 1"	1	53	53
hrdlo průměr 28 mm	1	33	33
celkem			2957

Celkový cenový rozdíl pájených a lisovaných tvarovek u instalace této kotelny činí 6.458,00 Kč.

## 6. ČASOVÁ NÁROČNOST SPOJE

Při posuzování časové náročnosti jednotlivých spojů zde nebudu zahrnovat přípravné časy pro naměření, uříznutí potřebné délky trubky a odhrotování ji, protože tyto časy jsou u obou metod stejné. U pájení se nedá přesně říci jak dlouho bude trvat který spoj. Zde je několik ovlivňujících faktorů: např. průměr tvarovky, materiál tvarovky (měď, bronz, mosaz) a zda je v blízkosti pájení více spojů nebo pouze jeden. Při ohřívání tvarovky se dodávané teplo šíří vzhledem dobré tepelné vodivosti mědi k dalším spojům, které v okamžiku jejich pájení jsou již předehřáté. Proto čas při pájení dalších spojů je kratší než u prvního pájeného spoje.

Pro ukázkou potřebného času ke spojení jsem použil pájecí a lisovací tvarovku: dvouhrdlé koleno průměru 28 mm a úhlu 90°. Je nutné uvědomit si, že čas naměřený v případě pájení je pouze orientační.



Obr.č. 4.14 Potřebný čas k zapájení tvarovky

Z celkového naměřeného času 4 minuty a 41 vteřin viz. obr. č. 4.14 potřebných k zapájení tvarovky jsem potřeboval 3 minuty a 16 vteřin k přípravným pracím před pájením. V přípravných časech je zahrnuto očištění trubky i tvarovky od oxidace, natření pájených konců pájecí pastou, nasunutí trubek do tvarovky a očištění přebytečné pasty. Ze zbylé minuty a půl musíme odečíst čas asi 20 vteřin potřebných k nastavení plamene. K samotného pájení nám zbývá něco málo přes minutu. Zapájení prvního spoje trvalo 48 vteřin. Při pájení druhého spoje byl pájecí čas 21 vteřin. Rozdíl těchto časů je dán tím, že tvarovka byla při pájení druhého spoje již předehřátá z pájení prvního spoje. Celkový čas pájení této tvarovky by se dal ještě zkrátit použitím výkonnějšího hořáku. Při pájení přechodových tvarovek vyrobených z bronzu a mosazi.



Obr. č. 4.15 Potřebný čas k zalisování tvarovky

K zalisování tvarovky mi stačilo pouhých 19 vteřin viz. obr. č. 4.15. Samotné lisování jednoho spoje trvalo 3,5 vteřiny.

## 7. ZÁVĚR

Díky zaměstnání, které vykonávám mám možnost setkat se a i vyzkoušet si většinu popsaných metod spojování měděných trubek. V topenářské praxi se nejčastěji setkávám s metodami popsanými v praktické části.

Při posuzování těchto spojovacích metod je třeba zohlednit několik kritérií. Důležité kritérium je cena tvarovek. Z cenového porovnání, které jsem provedl podle výpisu z realizované zakázky vychází pájení jako jednoznačně levnější varianta. Cenový rozdíl na provedené zakázce činí několik tisíc. Při maloobchodních cenách jsou náklady na nákup pájených tvarovek na rozdíl od lisovacích tvarovek čtvrtinové. Při porovnávání jsem použil maloobchodní ceny tvarovek od firmy Ptáček. Jedno z dalších kritérií je doba, za kterou jsme schopni provést spoj. Přípravný čas u pájení naměkko je díky čištění trubky i tvarovky a nanášení pasty mnohem větší než u lisování. Čas potřebný k samotnému pájení se pak mění podle tloušťky stěny a průměru tvarovky a proto nelze říci jak dlouho bude spoj trvat. Ale vždy je celkový čas potřebný pro zapájení spoje delší než u lisování, kde postačí jen několik málo sekund. Ušetřený čas lisováním nemůže kompenzovat vyšší cenu tvarovek a proto je lisování dražší variantou.

Pájené tvarovky, ale mají oproti lisovaným tvarovkám několik nevýhod:

Pájení měděných trubek, ve kterých se nachází voda je obtížné a zdoluhavé, protože v místě ohřívání trubky nám dodávané teplo z hořáku odebírá voda obsažená v trubkách. Pájení nelze použít v prostorách, kde hrozí vznícení. Lisování na rozdíl od pájení je čistější práce. Odpadá zde čištění tvarovek a manipulace s pájecí pastou.

V okamžiku, kdy topenářská či instalatérská firma má dostatek zakázek tak, aby nevznikaly časové prodlevy mezi zakázkami doporučuji používat lisovací tvarovky a to pro jejich rychlejší montáž a lepší vlastnosti při instalacích.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE:

- [1] Nové technologie a materiály při zřizování domovních plynovodů I. [online]. 2010 [cit. 2011-05-19]. Tzb-info.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/zemni-plyn/6157-nove-technologie-a-materialy-pri-zrizovani-domovnich-plynovodu-i>>.
- [2] DUFKA, Jaroslav. Měděné trubky a jejich spojování 1.část. *Topenářství instalace*. 2004, 3, s. 58-61.
- [3] Jmenovité vnější průměry a tloušťky podle ČSN EN 1057. In *Odborně správně provedená instalace měděných trubek* [online]. [s.l.] : [s.n.], 1999 [cit. 2011-05-25]. Dostupné z WWW: <[http://www.tzb-info.cz/soubory/prirucka\\_cu\\_dki.pdf](http://www.tzb-info.cz/soubory/prirucka_cu_dki.pdf)>.
- [4] *Odborná instalace měděných trubek* [online]. [s.l.] : Hungarian Copper Promotion Centre(HCPC), 2006 [cit. 2011-05-19]. ČSN EN 1057, s. . Dostupné z WWW: <[http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna\\_instalace\\_medenych\\_trubek\\_ucebnice.pdf](http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna_instalace_medenych_trubek_ucebnice.pdf)>.
- [5] *Odborná instalace měděných trubek* [online]. [s.l.] : Hungarian Copper Promotion Centre(HCPC), 2006 [cit. 2011-05-19]. Značka kvality, s. . Dostupné z WWW: <[http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna\\_instalace\\_medenych\\_trubek\\_ucebnice.pdf](http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna_instalace_medenych_trubek_ucebnice.pdf)>.
- [6] *Odborná instalace měděných trubek* [online]. [s.l.] : Hungarian Copper Promotion Centre(HCPC), 2006 [cit. 2011-05-19]. Značka kvality, s. . Dostupné z WWW: <[http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna\\_instalace\\_medenych\\_trubek\\_ucebnice.pdf](http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna_instalace_medenych_trubek_ucebnice.pdf)>.
- [7] *Odborná instalace měděných trubek* [online]. [s.l.] : Hungarian Copper Promotion Centre(HCPC), 2006 [cit. 2011-05-19]. Uchycení trubek, s. . Dostupné z WWW: <[http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna\\_instalace\\_medenych\\_trubek\\_ucebnice.pdf](http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna_instalace_medenych_trubek_ucebnice.pdf)>.
- [8] BRAUNER, Václav. *Francisova turbína* [online]. [s.l.], 2009. 14 s. Oborová práce. Střední průmyslová škola strojnická. Dostupné z WWW: <<http://www.fs.cvut.cz/stretech/2009/pdf/1067.pdf>>.
- [9] *Instalace studené a teplé pitné vody* [online]. c2007 [cit. 2011-05-20]. Medportal.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.medportal.cz/trubky-v-tzb/aplikacni-oblasti/instalace-studene-a-teple-pitne-vody>>.
- [10] VRÁNA, Jakub. *Tzb-info* [online]. 2009 [cit. 2011-05-25]. Rozvody teplé vody - II. Dostupné z WWW: <<http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/5786-rozvody-teple-vody-ii>>.
- [11] [http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna\\_instalace\\_medenych\\_trubek\\_ucebnice.pdf](http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna_instalace_medenych_trubek_ucebnice.pdf)
- [12] *Odborná instalace měděných trubek* [online]. [s.l.] : Hungarian Copper Promotion(HCPC), 2006 [cit. 2011-05-20]. Řemeslná výroba hrdla, s. . Dostupné z WWW: <[http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna\\_instalace\\_medenych\\_trubek\\_ucebnice.pdf](http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna_instalace_medenych_trubek_ucebnice.pdf)>.
- [13] *Odborná instalace měděných trubek* [online]. [s.l.] : Hungarian Copper Promotion Centre(HCPC), 2006 [cit. 2011-05-20]. Zástrčné spojení, s. . Dostupné z WWW: <[http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna\\_instalace\\_medenych\\_trubek\\_ucebnice.pdf](http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna_instalace_medenych_trubek_ucebnice.pdf)>. [část e-knihy]
- [14] *Odborná instalace měděných trubek* [online]. [s.l.] : Hungarian Copper Promotion Centre(HCPC), 2006 [cit. 2011-05-20]. Spojení svěracím kroužkem, s. . Dostupné z WWW: <[http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna\\_instalace\\_medenych\\_trubek\\_ucebnice.pdf](http://www.medportal.cz/system/files/publikace/odborna_instalace_medenych_trubek_ucebnice.pdf)>.
- [15] DUFKA, Jaroslav. Měděné trubky a jejich spojování 3.část. *Topenářství instalace*. 2004, 5, s. 66-69.

[16] JANÍČEK, Lubomír. Sanha - lisovací technika. Topenářství instalace. 2004, 4, s. 56-57.

## Seznam zkratek

Cu	měď – chemický prvek
DVGW	technická pravidla pro plynové a vodovodní instalace
RAL	značka kvality kterou vydává Německý Institut pro záruku jakosti a certifikace
E coli	bakterie Escherichia coli
EPDM	terpolymer ethylen–propylén–dién
HNBR	hydrogenovaný kaučuk akryl butadienový
MVQ	kaučuk metyl vinyl silikonový
NBR	kaučuk akrylonitril butadienový
PVDF	polyvinylidenfluorid
PP-R	random kopolymer propylenu
WIG	svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu
MIG	svařování kovovou elektrodou v netečném plynu

## **8. Přílohy**